

УДК 620.179

Г. М. СУЧКОВ, д-р техн. наук, проф., НТУ «ХПІ»;
М. Є. ПОЗНЯКОВА, аспірант, НТУ «ХПІ»

МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ДЛЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЮ ЗАГОТОВОК ТА ЗАЛІЗНИЧНИХ ОСЕЙ (ОГЛЯД)

На основі аналізу інформаційних джерел зроблено висновок про необхідність створення нових методів і засобів ультразвукового контролю заготовок і залізничних осей, які б дали можливість проводити неруйнівний контроль з чутливістю більшою, ніж є на цей час.

Ключові слова: залізнична ось, акустичний контроль, іммерсійний метод, дефект, п'єзоелектричний перетворювач.

Вступ. Залізничному транспорту належить провідна роль у транспортній системі України. В даний час спостерігається збільшення швидкості руху та грузонавантаженості поїздів, що призводить до підвищення вимог до технічного стану рухомого складу і колійного господарства. Проте бувають випадки руйнування деталей через несправності, своєчасно не виявлені при ремонті та експлуатації рухомого складу, це спричиняє аварії на залізничних коліях, див. рис. 1.



Рис. 1 - Аварія на Західно - Сибірській залізниці (Росія)

© Г. М. Сучков, М. Є. Познякова, 2013

Одною з причин аварій є наявність внутрішніх та поверхневих дефектів в тому числі в осях вагонів та локомотивів, що виникають, як при виробництві так і при експлуатації рухомого складу залізниць. Аварій, обумовлених дефектами, можливо уникнути при проведенні якісного неруйнівного контролю відповідно до чинної нормативно - технічної документації (НТД). На сьогоднішній день при дефектоскопії елементів колісних пар використовують магнітопорошковий, вихрострумний та ультразвуковий методи контролю [1-4]. Особливі складності мають місце при виявленні внутрішніх дефектів, оскільки із-за великої товщини заготовок і осей неможливо використовувати метод проникаючого випромінювання. Єдиним методом що дозволяє знаходити являється акустичний. Тому при контролі залізничної осі необхідно використовувати акустичний метод неруйнівного контролю (НК) [5]. За допомогою нього виявляють як внутрішні дефекти, так і проводять оцінку структури матеріалу ОК, визначення координат локальних внутрішніх дефектів, прийняття рекомендованих рішень «придатний-брак». Широко використовують два методи акустичного НК – контактний і іммерсійний [6-9], які можуть забезпечити потрібну достовірність контролю залізничних осей. Але, згідно з діючою НТД, ці методи дозволяють виявляти дефекти від 3 мм і більше. В той час, коли вже необхідно визначати дефекти від 1мм. Звідси випливає необхідність підвищення чутливості методів до внутрішніх дефектів залізничних осей. Тож тема є досить актуальною та своєчасною.

Акустичний контроль залізничних осей. Часто виявлення внутрішніх дефектів виконується засобами ультразвукового луна-імпульсного методу з прямим вводом акустичного променя [10] та за допомогою перетворювачів з похилим вводом [10] ультразвукового поля. Схема такого контролю наведена на рис. 2 [10].

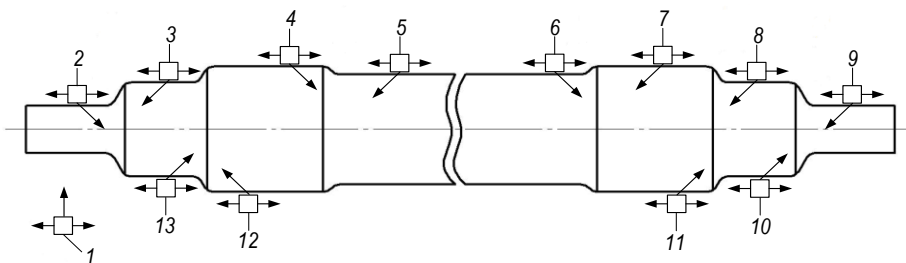


Рис. 2 – Узагальнена схема контролю залізничної осі на наявність внутрішніх дефектів

Оскільки при використанні цього методу дефектоскоп працює, як правило, в імпульсному режимі, метод часто називають луна-імпульсним. Може використовуватися перетворювач як з одним активним елементом, що поєднує функції випромінювача і приймача, так і перетворювач з розділними випро-

мінювачем і приймачем, або два перетворювача: один - в режимі випромінювання, другий - в режимі прийому. Зазвичай випромінювач і приймач знаходяться з одного боку виробу.

Випромінюючі у виріб імпульси ультразвуку називаються зондуючими. Дефектоскоп посилає їх через певні проміжки часу. Зондуючий імпульс відбивається від протилежної (донної) поверхні виробу і, повертаючись, частково потрапляє на приймальний перетворювач. На екрані індикатора виникає донний сигнал. При наявності дефекту (несуцільності) імпульс відіб'ється від нього раніше, ніж від донної поверхні. Між зондуючим і донним сигналами виникає проміжний сигнал - від несцільності, який і є ознакою наявності дефекту в цьому методі [11].

Траєкторія переміщення перетворювача при реальному контролі наведена на рис. 3 та рис. 4 [12].

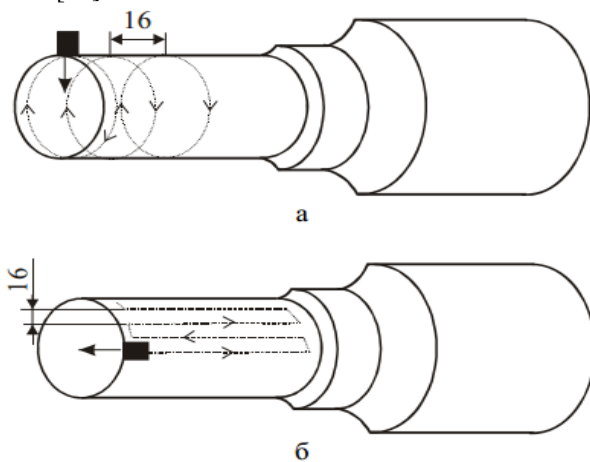


Рис. 3 - Траєкторія переміщення перетворювача по радіусу осі:
а - спіральне сканування, б - сканування по твірній

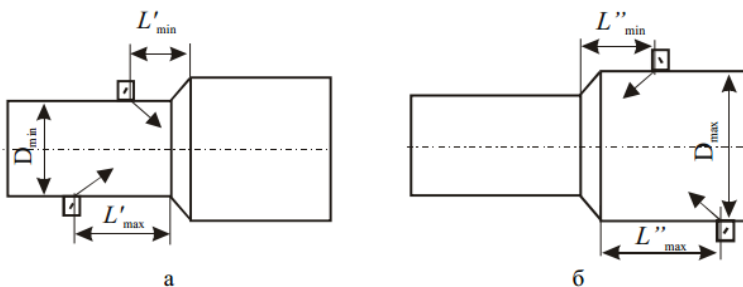


Рис. 4 - Траєкторія переміщення похилого перетворювача по довжині:
а - прозвучування зі сторони меншого діаметра; б – прозвучування зі сторони більшого діаметра

Оцінка структури металу здійснюється за допомогою дзеркально-тінювого методу в повздовжньому або радіальному напрямку проходження акустичного променя відносно осі. Схему контролю наведено на рис. 5.

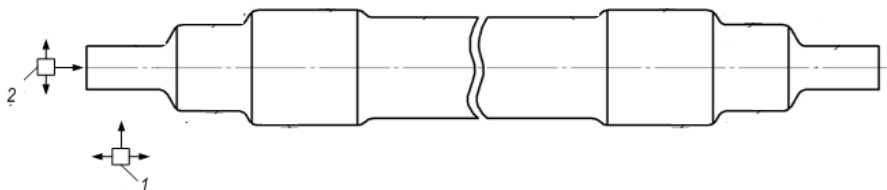


Рис. 5 - Схема аналізу структури залізничної осі

Для реалізації схем контролю наведених на рис. 2-5 використовують контактний акустичний метод НК, який заснований на використанні п'єзоелектричних перетворювачів як з прямим, так і похилим вводом [13-16]. П'єзоелектричний перетворювач (ПЕП) - пристрій, призначений для перетворення електричної енергії в акустичну і навпаки. Майже 99% п'єзоелектричних перетворювачів, які застосовуються у промисловості, є контактними. Для забезпечення їх акустичного контакту з контрольованим об'єктом необхідна наявність на його поверхні контактної рідини [17]. Зовнішній вигляд деяких ПЕП різного призначення показаний на рис. 6.



Рис. 6 - П'єзоелектричні перетворювачі різного типу і призначення

Контактний спосіб полягає в розміщенні ПЕП на поверхні ОК, попередньо змазаного контактною рідиною. Для реалізації контактного способу поверхня ОК повинна бути гладкою (нерівності не повинні перевищувати 10...40 мкм). Але й у такому випадку коливання амплітуди корисних сигналів досягають 20 дБ [18], що істотно знижує чутливість і достовірність контролю. Чутливість перетворення при такому контролі складає: випромінювання – 1, прийому – 1, подвійного – 1 [18].

Контактний метод, наприклад, реалізовано в сучасних установках для автоматичного контролю залізничних осей такі як «САНКТ-3» [6], рис. 7, та «Ультрамаг» [7], рис. 8. Дані установки призначені для комплексного повного контролю осей на знаходження внутрішніх дефектів і аналізу структури металу за допомогою ультразвукових коливань та виявлення поверхневих дефектів за допомогою вихрострумового методу у випадку установки «САНКТ-3», а також магнітопорошкового - у випадку з «Ультрамаг». Установки забезпечує проведення 100% ультразвукового контролю (УЗК), з подальшим аналізом результатів контролю та прийняттям рішення про бракування осі, а також видачею повного протоколу контролю в електронному вигляді. Всі результати УЗК у вигляді Б - скан по всім каналам для кожної проконтрольованої осі зберігаються на жорсткому диску з можливістю архівації на компакт-дисках або інших носіях.



Рис. 7 - Установка комплексного контролю залізничних осей «САНКТ-3»



Рис. 8 - Установка комплексного контролю железнодорожных осей «Ультрамаг»

Головною перевагою контактної методи є достатньо висока точність УЗК. Але існують й недоліки, головним із них є потреба постійного контакту п'єзоелектричного перетворювача з поверхнею ОК. В результаті такої взаємодії відбувається зношення протектора, що призводить до зниження достовірності контролю та виходу із ладу датчика. Реалізуючі установки складні і дорогі. Механічні частини систем контролю зношуються.

Більш простий варіант ультразвукового контролю реалізується іммерсійним методом. З його допомогою виключається зношення перетворювача, механічне обладнання більш просте і дешеве. Але для проведення іммерсійного акустичного контролю потрібно занурити ось в очищену від домішок воду з добавками інгібіторів, які зменшують корозію поверхні металу залізничної осі [19]. Чутливість цього методу приблизно у десять разів нижче контактної [20]. Чутливість перетворення при такому контролі складає: випромінювання – 0,3, прийому – 0,3, подвійного – 0,1 [20].

Іммерсійні установки поширені в Європі, наприклад, установка для іммерсійного контролю залізничних осей «UZO 3000» [8], див. рис. 9.



Рис. 9 - Установка комплексного контролю залізничних осей «UZO 3000»

Як показує аналіз характеристик «UZO 3000», в реалізований нею імерсійний метод має переваги порівняно з контактним. ПЕП не контактує з поверхнею осі, що дає змогу використовувати його набагато триваліший час. Серед недоліку такого методу є потреба у використанні високої кількості контактної рідини, яку потрібно постійно очищувати, щоб отримувати істинні результати контролю. Чутливість імерсійного методу нижче, ніж контактного [20]. У зв'язку з цим необхідно розробляти методи та засоби для підвищення чутливості. Це можливо шляхом підвищення частоти ультразвуку. Однак, цей шлях не завжди можливо використовувати, бо в деяких випадках може знадобитися настільки підвищити частоту ультразвуку, що практично здійснити це стане складним. Більш ефективним буде підвищення чутливості за рахунок заміни ударного живлення п'єзоперетворювачів шляхом збудженням імпульсів у виді пакету з заданою тривалістю [21].

Слід відмітити, що при проведенні неруйнівного контролю його доцільно виконувати на ранніх стадіях виробництва. Тобто з економічної точки зору дефектоскопію внутрішніх дефектів доцільно вести для заготовок, з яких виготовляються залізничні осі. Такі заготовки як правило мають суттєво не гладку поверхню. В цьому випадку використання контактних і імерсійних методів ультразвукового контролю буде мати низьку достовірність [20]. Вирішити вка-

зану проблему можливо за рахунок використання безконтактних методів дефектоскопії серед яких найбільш розвиненим є електромагнітно-акустичний (ЕМА) [22-24]. Проте ЕМА метод вважається низькочутливим [20], енергоємним, громіздким. Тобто є технічне протиріччя, яке необхідно вирішувати для випадку контролю заготовок для виготовлення залізничних осей. Одним із напрямків підвищення чутливості ЕМА методу може бути використання пакетного збудження ультразвукових імпульсів [21], підвищення потужності генераторів живлення ЕМА перетворювачів [24], збільшення величини поляризованого магнітного поля [22] використання сучасних методів обробки і виділення корисних сигналів [25].

Висновки.

1. Встановлено, що ультразвукові контактний, іммерсійний та потенціально перспективний ЕМА методи мають свої переваги і недоліки при виявленні внутрішніх дефектів і оцінці структури сталі залізничних осей за заготовок для їх виготовлення. Технічні протиріччя для кожного з них диктують необхідність виконання досліджень вказаних методів з наступним їх вирішенням.

2. В зв'язку з підвищенням вимог до якості залізничних осей показана необхідність підвищення чутливості ультразвукової дефектоскопії з використанням в якості калібровочних моделей дефектів в вигляді плоскодонних відбивачів діаметром 1 мм і більше замість 3 мм і більше.

3. Встановлена необхідність розробки нових методів і засобів ультразвукового контролю, які б забезпечили необхідне підвищення чутливості виявлення внутрішніх дефектів залізничних осей та заготовок з яких вони виготовляються.

Список літератури: 1. *Троицкий В.А.* Магнитопорошковый контроль сварных соединений и деталей машин. – К: Феникс, 2002. – 300 с. 2. *Неразрушающий контроль.* Справочник. В 8 т. Под общ. ред. *В. В. Клюева.* Т. 2. Вихревой контроль (*Ю.К. Федосенко, В.Г. Герасимов, А.Д. Покровский, Ю.Я. Останин*) – 2-е изд., испр. - М.: Машиностроение, 2006. – 688 с. 3. *Крауткреммер Й.* Ультразвуковой контроль материалов: справ. изд. / *Й. Крауткреммер, Г. Крауткреммер*: пер. с нем. – М.: Металлургия, 1991. – 752 с. 4. *Ермолов И. Н.* Неразрушающий контроль: практ. пособие: в 5 кн. кн. 2. Акустические методы контроля / *И. Н. Ермолов, Н. П. Алешин, А. И. Потапов*; под ред. *В. В. Сухорукова.* – М.: Высшая школа, 1991. – 283 с. 5. <http://www.ndt.com.ua>. 6. <http://www.vimatec.ru>. 7. <http://www.pisndt.com/ru>. 8. *Познякова М. Е.* Повышение чувствительности иммерсионного ультразвукового контроля заготовок для железнодорожных осей / *М. Е. Познякова, Г. М. Сучков* // Вісник НТУ «ХПІ». – 2012. – Вип. 46. – С. 223–227. 9. *Неразрушающий контроль и диагностика: справочник / Клюев В. В., Соснин Ф. Р., Ковалев А. В. и др.; под ред. В. В. Клюева.* – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Машиностроение, 2003. – 656 с. 10. РД 32-144.2000. Контроль неразрушающий приемочный. Колеса цельнокатаные, бандаж и оси колесных пар подвижного состава. Технические требования. 11. *Маркас В. И.* Контрольно-измерительные пьезоэлектрические преобразователи / *В. И. Домаркас, Р.-И. Ю. Кажис.* – Вильнюс: Минтае. – 1975. – 258 с. 12. СТО 1.11.001. Методические указания по приемочному ультразвуковому неразрушающему контролю осей колесных пар подвижного состава. 13. Ультразвуковые пьезопреобразователи для неразрушающего контроля / под ред. *И. Н. Ермолова.* – М.: Машиностроение, 1986. – 280 с. 14. *Білокур І.П.* Акустичний контроль: Навчальний посібник. – К.: ІСДО, 1997. – 244 с. 15. *Неразрушающий контроль и диагностика: справочник / В. В. Клюев, Ф. Р. Соснин, В. Н. Филипов и др.; под ред. В. В. Клюева.* – М.: Машиностроение, 1995. – 488 с. 16. ГОСТ 23829-85. Контроль неразрушающий аку-

стический. Термины и определения. **17.** Сучков Г.М. О главном преимуществе ЭМА способа // Дефектоскопия. – Екатеринбург, 2000. – № 10. – С. 67-70. **18.** СТО РЖД 1.11.001-2005. Методические указания по приемочному ультразвуковому неразрушающему контролю осей колесных пар подвижного состава. М. 2005. – 36 с. **19.** Ермолов И. Н. Теория и практика ультразвукового контроля. – М.: Машиностроение, 1981. – 240 с. **20.** Себко В.П. Сучков Г.М. Алексеев Е.А. Оптимизация параметров ЭМА толщиномеров для контроля тонкостенных изделий // Дефектоскопия. – 2002. – № 12. – С. 21-28. **21.** Сучков Г.М. Розвиток теорії і практики створення приладів для електромагнітно-акустичного контролю металовиробів. Автореф. дис. д.т.н., Харків, НТУ «ХПІ», 2005 - 37 с. **22.** Петрищев О. Н. Теоретичні основи розрахунку та проектування ультразвукових перетворювачів електромагнітного типу. Автореф. дис. д.т.н., Київ, НТУУ «КПІ», 2009. – 36 с. **23.** Сучков Г.М. Повышение возможностей бесконтактной дефектоскопии поверхности катаных ферромагнитных металлоизделий / Петрищев О.Н., Хащина С.В., Десятниченко А.В., Ноздрачева Е.Л. // Контроль. Диагностика. – 2013. – № 4. – С. 31-35. **24.** Сучков Г.М. Генератор зондирующих импульсов для ЭМА дефектоскопов / Петрищев О.Н., Чередниченко И.В., Федоров В.В. и др. // Дефектоскопия. – 2012. – № 9. – С. 42-47. **25.** Сучков Г.М. Возможности линейной частотной фильтрации в ЭМА приборе // Контроль. Диагностика. 2004. – № 10. – С. 20-21

Надійшла до редколегії 05.02.2013

УДК 620.179

Огляд методів та засобів для ультразвукового контролю заготовок та залізничних осей / Г.М. Сучков, М.Є. Познякова // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Електроенергетика та перетворювальна техніка. – Х. : НТУ «ХПІ», 2013. – № 34 (1007). – С. 90–98. – Бібліогр.: 25 назв.

В статье, на основе изученной литературы, рассмотрены основные методы и средства контроля заготовок и железнодорожных осей. Показана необходимость создания новых, современных систем неразрушающего контроля.

Ключевые слова: железнодорожная ось, акустический контроль, иммерсионный метод, дефект, пьезоэлектрический преобразователь.

In an article the main methods and means of control of billets and railway axles are presented. It is shown of the necessity of creating new, modern systems of nondestructive testing.

Keywords: railway axis, acoustic control, immersion method, defect, a piezoelectric transducer.